

# ESTUDIO DE LA FUNCIÓN MIOCÁRDICA MEDIANTE ECOCARDIOGRAFÍA CON SPECKLE-TRACKING VALORES NORMALES EN UNA POBLACIÓN PEDIÁTRICA

## STUDY OF THE MYOCARDIAL FUNCTION USING NORMAL VALUES BY SPECKLE-TRACKING ECHOCARDIOGRAPHY IN A PEDIATRIC POPULATION

## ESTUDO DA FUNÇÃO MIOCÁRDICA PELA ECOCARDIOGRAFIA COM SPECKLE-TRACKING VALORES NORMAIS EM UMA POPULAÇÃO PEDIÁTRICA

MARCO DURÁN ALEMÁN<sup>1</sup>, ISABEL FREIRE BARREZUETA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Hospital de niños Roberto Gilbert Elizalde, Departamento de Cardiología, Guayaquil, Ecuador

### Resumen

**Objetivo:** estudiar la deformación miocárdica mediante ecocardiografía con speckle tracking y estimar los valores normales del strain sistólico longitudinal en una población pediátrica sana. **Materiales y métodos:** se revisaron 100 estudios ecocardiográficos en niños normales con edades entre 5 y 18 años midiendo los valores de la deformación pico sistólica longitudinal, el análisis estadístico usado fue ANOVA. **Resultados:** la deformación miocárdica longitudinal global promedio fue  $-22,17\% \pm 0,39$ . El grupo que mayor deformación presentó fue el de 10-13 años ( $-22,62\% \pm 1,86$ )  $p < 0,002$  y entre los segmentos de pared, los apicales ( $-22,86 \pm 0,70$ )  $p < 0,005$  fueron los que mayor valor alcanzaron. **Conclusiones:** el estudio establece nuestros valores referenciales de deformación miocárdica longitudinal mediante ecocardiografía con speckle tracking. Los resultados son similares a los publicados por otros autores.

**PALABRAS CLAVE:** ecocardiografía, contracción miocárdica, pediatría.

### Abstract

**Objective:** to study myocardial deformation using speckle tracking echocardiography and estimating the normal values of longitudinal systolic strain in a healthy pediatric population. **Method:** 100 echocardiographic studies were reviewed in normal children aged between 5 and 18 measuring the values of peak systolic longitudinal strain. The statistical analysis used was ANOVA. **Results:** global longitudinal myocardial deformation average was  $-22.17\% \pm 0.39$ . The group that presented the greatest deformation was the 10-13 year old children ( $-22.62\% \pm 1.86$ )  $p < 0.002$  and between the wall segments, the apical ( $-22.86 \pm 0.70$ )  $p < 0.005$  reached the highest value. **Conclusions:** the study establishes our reference values for longitudinal myocardial deformation using speckle tracking echocardiography. The results are similar to those published by other authors.

**KEYWORDS:** echocardiography, myocardial contraction, pediatrics.

### Resumo

**Objetivo:** estudo de deformação do miocárdio pela ecocardiografia com speckle tracking e estimação dos valores normais da tensão sistólica longitudinal em uma população pediátrica saudável. **Método:** foram revisados 100 estudos ecocardiográficos em crianças normais com idades entre 5 e 18 anos medindo os valores da deformação do pico sistólico longitudinal, a análise estatística utilizada foi a ANOVA. **Resultados:** a média global de deformação longitudinal do miocárdio foi  $-22,17\% \pm 0,39$ . O grupo que apresentou maior deformação foi o de 10-13 anos ( $-22,62\% \pm 1,86$ )  $p < 0,002$  e entre os segmentos da parede, os apicais ( $-22,86 \pm 0,70$ )  $p < 0,005$  foram aqueles com o maior valor. **Conclusões:** o estudo estabelece os nossos valores de referência de deformação longitudinal do miocárdio pela ecocardiografia com speckle tracking. Os resultados são similares aos publicados por outros autores.

**PALABRAS-CHAVE:** ecocardiografia, contração miocárdica, pediatria.

## INTRODUCCIÓN

Un componente muy importante en la práctica diaria en cardiología es la evaluación de la función ventricular; esta información fundamental la podemos obtener en forma rápida y segura mediante ultrasonido. La valoración de la función ventricular en forma casi universal se expresa como la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI), patrón de cuantificación que es utilizado también en ecocardiografía aunque con algunas limitaciones técnicas tanto en Modo M como en 2D. La evaluación de FEVI requiere de imágenes técnicamente correctas, con muy buena definición del borde endocárdico, lo cual implica mayor tiempo de examen. Además, debemos recordar que el cálculo de la FEVI se hace mediante<sup>1</sup> fórmulas que se basan en figuras geométricas, lo que podría inducir variabilidad en los resultados sobre todo en aquellas cavidades con algún grado de remodelamiento.

Durante los últimos años el desarrollo tecnológico ha impulsado importantes avances en la valoración de la función miocárdica a través de nuevas técnicas tanto con ecocardiografía<sup>2,3</sup> como con Doppler<sup>4,5,6</sup> que permiten, mediante el estudio de los cambios de morfología de las fibras musculares de las paredes cardíacas, la cuantificación global y regional de la función ventricular. Si bien estas nuevas técnicas de imagen han sido ampliamente enfocadas al estudio de patología cardíaca en el adulto,<sup>7,8</sup> también son aplicables en la población pediátrica<sup>9,10</sup> aunque las publicaciones al respecto son menos numerosas. El objetivo del presente trabajo es dar a conocer el cálculo de la función miocárdica mediante speckle-tracking (ST) y al mismo tiempo establecer valores normales en una cohorte de niños sanos como requisito previo a su utilización en la evaluación de la función ventricular en estados patológicos.

## DEFORMIDAD MIOCÁRDICA (STRAIN)

Como efecto de la activación electromecánica, el miocardio ventricular sufre un cambio de morfología, esta deformación de la fibra miocárdica se denomina “strain” y se define como el cambio de longitud del músculo cardíaco al final de la sístole comparado con su longitud inicial en estado de relajación al final de la diástole. Para evaluar matemáticamente este cambio de longitud, se parte de la fórmula:

$\Sigma = L - L_o / L_o$  donde  $\Sigma$  = (Epsilon) deformación.  
L= longitud inicial  $L_o$ = longitud final.

Durante el estudio ecocardiográfico, los haces del ultrasonido al incidir sobre la masa muscular provocan marcas acústicas (speckles) brillantes que se observan distribuidas uniformemente en la escala de grises del miocardio; cada una de estas marcas puede ser identificada en forma segura mediante algoritmos específicos y rastreada (tracking) electrónicamente cuadro a cuadro (figura 1A) para establecer de esta forma<sup>4,5</sup> la diferencia de longitud durante el ciclo cardíaco.

La detección del desplazamiento de estos puntos durante el complejo contracción-relajación en la mecánica cardíaca, el llamado “strain” miocárdico, no tiene unidad de medida y se la cuantifica en porcentaje. Se la puede calcular ya sea mediante ecocardiografía bidimensional<sup>11,12</sup> o mediante Doppler tisular color<sup>13,14</sup>

El cálculo de la deformidad miocárdica a partir del Doppler tisular color fue una de las primeras formas de medir el strain, pero sufre de algunas desventajas, entre ellas su limitación de análisis a una sola dimensión y la dependencia, como todo efecto Doppler, del ángulo de incidencia sobre la estructura a investigar; por lo que se vuelve difícil el estudio de segmentos apicales.<sup>15,16</sup> Estas limitaciones no afectan cuando la investigación del strain miocárdico se la hace mediante ecocardiografía, técnica que en la actualidad ha tomado mayor expectativa, por lo que el análisis se realizará exclusivamente sobre esta modalidad de imagen cardíaca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

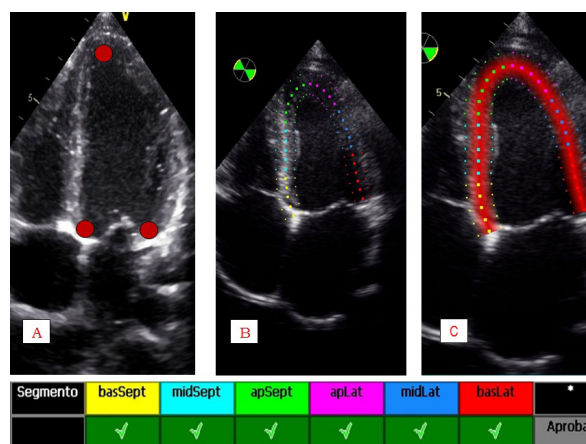
Del laboratorio de ecocardiografía del hospital Roberto Gilbert Elizalde se seleccionaron todos los estudios ecocardiográficos de niños asintomáticos con edades entre los 5 y 18 años que fueron referidos para valoración de soplo inocente o evaluación prequirúrgica entre enero 2012 y junio 2013. Luego de la exclusión de aquellos pacientes que resultaron portadores de algún grado de hipertrofia, anomalías estructurales, alteraciones del ritmo cardíaco o por registro de calidad insuficiente, quedaron 100 menores que conforman la población del presente trabajo.

Las imágenes ecocardiográficas fueron obtenidas en forma convencional, siguiendo el protocolo del laboratorio con un equipo Vivid 9 General Electric® (GE Medical Systems, Milwaukee, EEUU) utilizando sondas de 3.0 MHz (S3) ó 6.0 MHz (S6) según la edad del niño, adjuntando siempre la señal electrocardiográfica. Se tuvo

especial cuidado con la calidad de imagen bidimensional, ya que el seguimiento de las marcas del músculo cardíaco dependen de una correcta definición del endocardio, procurando además que la frecuencia de cuadros por segundo (frame rate) se mantuviera entre 50-80 c/s; en general se aplicó el criterio de que la frecuencia de cuadros no debe sobrepasar el 80 % de la frecuencia cardíaca basal. Para el análisis del ST no se consideraron las imágenes de eje corto, limitaciones del equipo al momento del presente estudio no permitieron estudiar la deformación miocárdica radial, ni circunferencial.

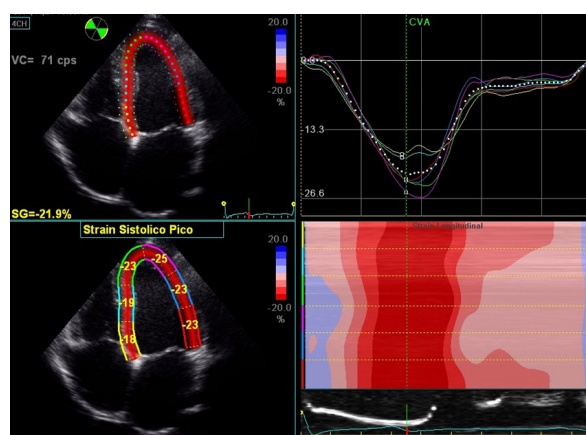
Esta investigación se hizo únicamente del strain longitudinal, para lo cual se requieren de imágenes apicales de 4 y 2 cámaras y del eje largo apical de forma que los resultados aquí expresados se refieren exclusivamente a esta dimensión. Los cortes desde el apex permiten estudiar paredes ventriculares opuestas, así en el eje largo apical las paredes antero-septal y posterior, en el corte de 4 cámaras se estudió el tabique interventricular y la pared lateral y por último desde el 2 cámaras se analizan las paredes anterior e inferior. Cada una de las paredes del ventrículo izquierdo, para efectos de análisis, se dividió en tres segmentos: apical, medio y basal, dando un total de 18 segmentos (seis paredes con tres segmentos c/u) por cada estudio realizado.

Los datos fueron almacenados en el disco duro del equipo en formato de cine y el análisis del speckle-tracking se hizo mediante un software desarrollado por GE llamado Automatic Functional Imaging® (AFI) utilizando ciclos cardíacos gatillados por la onda R del trazado ECG simultáneo. Esta aplicación facilitó el estudio pues, a diferencia de lo que sucede cuando se utiliza el procedimiento en forma manual y debemos colocar muchos puntos en la superficie endocárdica, mediante el AFI, se necesita marcar únicamente 3 puntos de referencia (figura 1A) en el endocardio ventricular: dos en la base (uno frente al otro) a nivel del anillo mitral y un tercero en ápex, luego el sistema en forma automática los enlaza para crear la región de interés (ROI: region of interest) en el miocardio y la divide en segmentos diferenciados por colores (figura 1B). Si la región de interés así creada tiene calidad suficiente es calificada como aceptada (figura 1C) de lo contrario es rechazada para una posible corrección manual. Aquellos segmentos que luego de dos intentos de corrección no alcanzaron calidad suficiente, fueron desechados definitivamente del estudio.



**Figura 1.** Corte apical 4 cámaras. En A se observa el moteado y la colocación de los puntos de referencia. En B la formación del área de interés en los diferentes segmentos de paredes opuestas (Septo y pared lateral con sus segmentos basal, medio y apical) y luego de aprobar (cuadros verdes al inferior de la imagen) en C el seguimiento o tracking del miocardio.

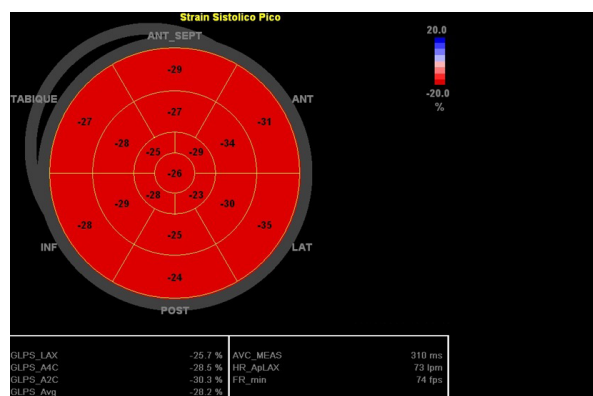
La representación de los resultados de la deformación miocárdica en cada uno de los cortes apicales se grafica en cuadros con 4 componentes: el superior-izquierdo representa mediante diferentes colores los segmentos de cada pared, el segundo componente superior-derecho grafica en curvas negativas la deformidad pico-sistólica de cada segmento, un tercer componente inferior-izquierdo representa los valores de strain alcanzados por cada segmento y en el inferior-derecho es el modo M anatómico curvo (figura 2), con igual patrón de colores.



**Figura 2.** Deformación miocárdica normal en la vista apical 4 cámaras. Izquierda superior, la formación del ROI. Izquierda inferior, los valores de la deformación sistólica segmentaria. Derecha superior, las curvas de deformación de cada segmento. Derecha inferior, modo anatómico curvo.

Una vez concluido el análisis de cada una de las vistas apicales se accede al resultado final que se grafica en forma de “ojo de buey”, mapa polar sobre un fondo color rojo intenso que indica normalidad y en forma concéntrica (figura 3), se distribuyen los espacios correspondientes a

segmentos miocárdicos basales en la periferia y hacia el centro los segmentos medios y los apicales. Dentro de cada espacio se grafica el valor promedio alcanzado por ese segmento. Finalmente debajo del mapa polar consta el valor promedio de deformación parcial de cada vista apical y el valor porcentual de todos los segmentos analizados.



**Figura 3.** Mapa polar (ojo de buey) de la deformación longitudinal en un sujeto normal. La intensidad de la coloración es homogénea y los valores de deformación de cada segmento de pared son normales.

Los datos antropométricos y ecocardiográficos convencionales así como los valores de strain longitudinal global, se expresaron con promedio y desviación estándar. Para la comparación de las variables entre los diferentes grupos se utilizó el análisis de la varianza (ANOVA). Se consideró estadísticamente significativo un valor de  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS

Para el estudio se seleccionaron 136 registros ecocardiográficos considerados normales, de los cuales, luego de la revisión se excluyeron 36 niños por datos incompletos, mala calidad de la imagen o por alguna anomalía estructural; quedando un total de 100 menores (55 % de sexo masculino) que conforman la población estudiada cuyas características demográficas y antropométricas se muestran en la tabla 1. Los valores ecocardiográficos de paredes, diámetros de cavidades, función ventricular y masa miocárdica se muestran en la tabla 2 encontrándose todos ellos dentro de valores normales para su superficie corporal. Al comparar entre los diferentes grupos de edad la FEVI y la fracción de acortamiento no se observó ninguna diferencia. Por el contrario, cuando se analizó el espesor parietal, diámetro de la cavidad de ventricular y la masa miocárdica del VI indexada para la superficie corporal, la diferencia encontrada fue estadísticamente significativa ( $p < 0.005$ ).

**TABLA 1. CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS DE LOS GRUPOS DE POBLACIÓN ESTUDIADA. SC= SUPERFICIE CORPORAL VALORES PROMEDIO  $\pm$  SD**

EDAD	5-9 AÑOS	10-12 AÑOS	13-18 AÑOS
Variable	n= 35	n= 33	n=32
VARONES	21 (60 %)	19 (57 %)	15 (47 %)
EDAD	7,86 $\pm$ 1,12	11,10 $\pm$ 0,74	15,1 $\pm$ 1,59
PESO Kg	28,9 $\pm$ 8,3	42,8 $\pm$ 11,8	56,5 $\pm$ 11,4
TALLA cm	125 $\pm$ 9,2	143,9 $\pm$ 11,1	146,9 $\pm$ 39
SC m <sup>2</sup>	0,98 $\pm$ 0,19	1,30 $\pm$ 0,21	1,54 $\pm$ 0,18

**TABLA 2. CARACTERÍSTICAS ECOCARDIOGRÁFICAS DE LOS DIFERENTES GRUPOS DE EDAD**

EDAD	SIV	PPVD	DDVI	IMVI	FE	FAC	S.C
años	Mm	mm	mm	gr/m <sup>2</sup>	%	%	m <sup>2</sup>
6 - 9	6,42 $\pm$ 0,69	6,20 $\pm$ 0,80	39,60 $\pm$ 40	58,40 $\pm$ 7,80	68 $\pm$ 7,20	38 $\pm$ 7,15	0,98
10 - 12	6,86 $\pm$ 1,06	6,50 $\pm$ 1,00	42,0 $\pm$ 3,40	59,09 $\pm$ 5,82	67 $\pm$ 4,90	37 $\pm$ 4,17	1,30
13 - 15	7,50 $\pm$ 1,00	7,30 $\pm$ 0,90	44,10 $\pm$ 3,29	61,41 $\pm$ 9,61	68 $\pm$ 6,20	38 $\pm$ 5,00	1,50
P < 0.005 P < 0.005 P < 0.005 P < 0.005							

DDVI= diámetro diastólico de ventrículo izquierdo FAC= fracción de acortamiento FE= fracción de eyección IMVI= índice de masa de ventrículo izquierdo. PPVI= pared posterior de ventrículo izquierdo SIV= septo interventricular. SC= superficie corporal Se observó diferencia estadística ( $p < 0.005$ ), comparando las paredes, diámetro y el índice masa del ventrículo izquierdo.

Los valores del strain miocárdico longitudinal de cada segmento de pared así como el promedio global distribuidos por edades se expresan en la tabla 3. De 1800 segmentos posibles de ser estudiados (6 paredes multiplicado por 3 segmentos por pared multiplicado por 100 pacientes) se obtuvieron imágenes con calidad suficiente para su análisis en 1692 segmentos que representan el 94 % del total del estudio. Relacionando el porcentaje de obtención de segmentos válidos para análisis con los diferentes cortes apicales notamos que el 100 % de los segmentos basales fueron alcanzados desde 4C y el menor porcentaje (72 %) corresponde a los segmentos apicales en el corte de 2C.

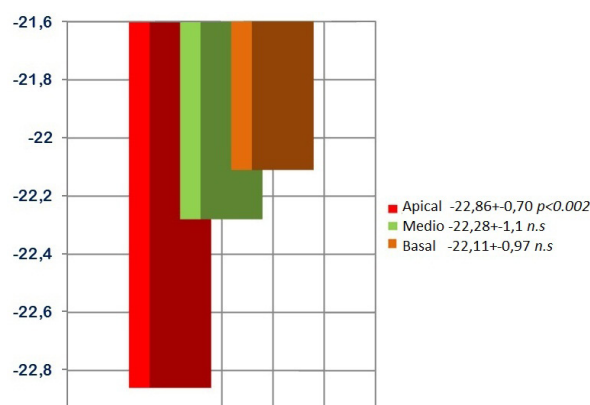
El valor promedio de deformidad miocárdica longitudinal global fue de -22,17 % (DS  $\pm$  0,39) observándose en los segmentos apicales los mayores valores de strain, con una gradual disminución para los segmentos medios y los segmentos basales (figura 4), diferencias que alcanzaron valor estadísticamente significativo ( $p < 0.002$ ).



Cuando el strain longitudinal global se comparó entre los diferentes grupos de edad se observó que la población con mayor índice de deformación (tabla 3) fue el grupo comprendido entre los 10 y 13 años con  $-22,62$  ( $DS \pm 1,86$ ) y valores más bajos  $-22,18$  ( $DS \pm 1,8$ ) y  $-21,9$  ( $DS \pm 1,8$ ) se obtuvieron en los grupos etarios 5-9 y 14-18 años respectivamente ( $p < 0.002$ ).

**TABLA 3. DEFORMIDAD MIOCÁRDICA LONGITUDINAL DE LA POBLACIÓN DISTRIBUIDA POR GRUPOS DE EDADES PORCENTAJE DE STRAIN DE LAS PAREDES VENTRICULARES Y DE SUS SEGMENTOS EXPRESADOS PROMEDIO  $\pm$**

EDAD EN AÑOS					
PARED	SEGMENTO	6 - 9	10 - 13	14 - 18	PROMEDIO
Septo	Basal	22 $\pm 2,5$	21,58 $\pm 1,85$	20,6 $\pm 2,62$	21,39 $\pm 0,71$
	Medio	23 $\pm 2,6$	23,8 $\pm 1,89$	23,0 $\pm 2,6$	23,26 $\pm 0,38$
	Apical	24 $\pm 2,3$	24,1 $\pm 3,22$	23,4 $\pm 3,86$	23,8 $\pm 0,38$
Lateral	Basal	20,9 $\pm 2,3$	20,5 $\pm 3,7$	21 $\pm 4,23$	20,8 $\pm 0,26$
	Medio	21 $\pm 3,8$	20,4 $\pm 3,61$	19,4 3 $\pm 8$	20,26 $\pm 0,81$
	Apical	22 $\pm 2,2$	21,8 $\pm 3,71$	21,3 $\pm 3,53$	21,7 $\pm 0,36$
Anterior	Basal	25 $\pm 4,6$	24 $\pm 4,6$	21,3 $\pm 3,52$	23,3 $\pm 2,08$
	Medio	23 $\pm 4,3$	23,4 $\pm 2,98$	21,1 $\pm 3,34$	22,5 $\pm 1,23$
	Apical	22 $\pm 4$	23 $\pm 4,4$	22,8 $\pm 3,29$	22,6 $\pm 0,53$
Inferior	Basal	24 $\pm 3,3$	22,9 $\pm 2,87$	21,6 $\pm 2,95$	22,8 $\pm 1,20$
	Medio	24 $\pm 3$	23,8 $\pm 2,79$	22,3 $\pm 2,87$	23,3 $\pm 0,93$
	Apical	23 $\pm 4$	23,1 $\pm 3,86$	23,4 $\pm 3,17$	23,06 $\pm 0,55$
Ant-septal	Basal	23 $\pm 3,6$	22,1 $\pm 3,94$	23,09 $\pm 4,6$	22,73 $\pm 0,54$
	Medio	23 $\pm 3,4$	23 $\pm 2,99$	21 $\pm 3,7$	22,33 $\pm 1,15$
	Apical	23,2 $\pm 3,3$	23,5 $\pm 3,49$	21,58 $\pm 4,07$	22,76 $\pm 1,03$
Posterior	Basal	20,8 $\pm 3,9$	22 $\pm 3,5$	22,13 $\pm 3,15$	21,64 $\pm 0,73$
	Medio	21,3 $\pm 3,6$	22 $\pm 3$	22,9 $\pm 2,3$	22,06 $\pm 0,80$
	Apical	23 $\pm 4$	23,1 $\pm 3,52$	23,7 $\pm 3,98$	23,26 $\pm 0,38$
		22,18 $\pm 1,8$	22,62 $\pm 1,86$	21,9 $\pm 1,80$	



**Figura 4.** Valores promedio de la deformidad longitudinal de cada segmento de pared.

## DISCUSIÓN

La medición de la función ventricular utilizando la ecocardiografía con ST, a juzgar por el número de publicaciones, es cada vez más frecuente y aunque la mayoría de ellas se haya realizado sobre población adulta, en los últimos años han aparecido trabajos en cardiología pediátrica<sup>17,18,19</sup> que dan cuenta de la importancia de esta nueva técnica sobre la evaluación de la función miocárdica en este grupo poblacional por lo que consideramos de gran importancia obtener valores referenciales propios.

Se debe anotar que al inicio del trabajo, de las imágenes obtenidas, un buen número de segmentos no calificaba y debió ser rechazada, sobre todo los segmentos apicales. A medida que avanzó la investigación nuestra curva de adiestramiento mejoraba en forma paralela, de manera que al final del estudio los segmentos que necesitaron ser recalculados o debieron ser rechazados definitivamente fueron muy pocos. Puesto que el éxito de la exploración depende en gran medida de la calidad de la imagen ecocardiográfica, y con la idea de mantener el procedimiento en condiciones basales, se decidió tomar como límite inferior los 5 años, edad en la que se puede solicitar la cooperación del niño y así evitar el uso de sedantes que son necesarios cuando se explora a niños de menor edad.

Los índices de strain longitudinal promedio observados en el presente estudio, no son diferentes a los de trabajos publicados incluyendo el porcentaje de registros con calidad suficiente para ser analizados por el sistema.<sup>17</sup> De los diferentes segmentos de cada pared, los mayores valores de strain miocárdico se presentaron en

los segmentos apicales, luego los segmentos medios y los valores menores se obtuvieron en los segmentos basales, de manera tal que la deformidad miocárdica se incrementa de base a ápex, hallazgo similar al reportado por otros investigadores.<sup>10,17</sup>

Al observar que las mayores cifras de deformidad pico sistólica con relación a los grupos etarios se encontraron entre los niños de 10 a 13 años, se cree que estos hallazgos están muy probablemente en relación con cambios corporales que se producen con el crecimiento. Estos cambios, que para algunos autores reflejaría un proceso natural de maduración miocárdica,<sup>20,21</sup> no han sido encontrados en otras investigaciones.

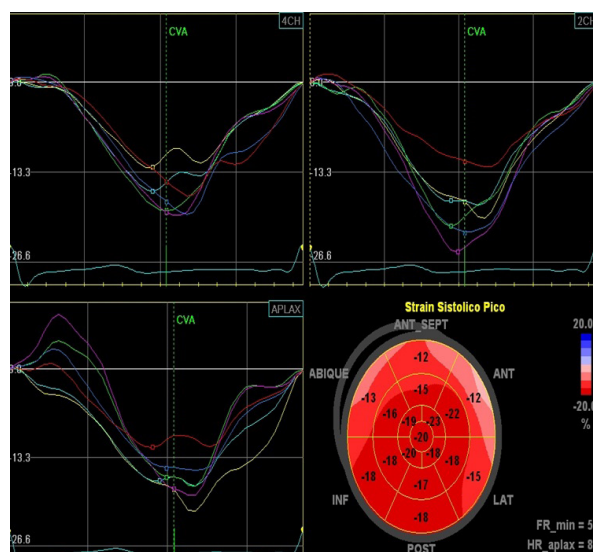
Para autores como Klitsie et al la correlación estadística encontrada entre los valores de deformación sistólica y los grupos de edad fue débil y únicamente en la deformación longitudinal, mas no en la radial, ni en la circunferencial. Los procesos naturales de crecimiento y maduración corporal, reflejan también cambios en el corazón y, como lo anotan Marcus et al, se deben al incremento en el grosor de las paredes ventriculares y en una mayor respuesta contráctil del músculo cardíaco, aspecto que es representado en los resultados de ecocardiografía (tabla 1) obtenidos en el presente estudio.

Elkiran et al en su estudio en el que analizó el strain miocárdico en una población sana compuesta por neonatos y niños de hasta tres meses concluyen que el proceso de contracción-relajación miocárdica se halla sometido a cambios desde la etapa fetal, en el periodo postnatal y en la infancia que parecen deberse entre otras causas al cambio gradual en la proporción colágeno/proteína del músculo cardíaco.<sup>22</sup> Se conoce que con el crecimiento disminuye progresivamente el componente de colágeno y aumenta el componente proteico obteniéndose como resultado una fibra cardíaca menos rígida, con mayor capacidad de deformación.

Establecidos los valores normales de strain miocárdico longitudinal y sus variaciones con relación a la edad creemos que el speckle tracking es una valiosa herramienta que, al tener como sustrato la deformación de la fibra miocárdica, facilitará el conocimiento de la dinámica ventricular en condiciones fisiológicas, como en este estudio y compararlos con los producidos en numerosos estados patológicos primarios del

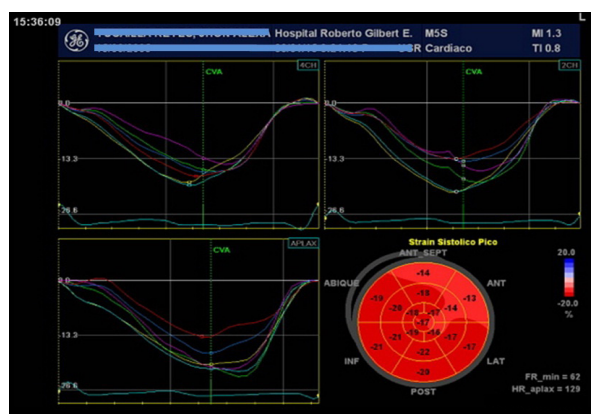
miocardio o en los secundarios a enfermedades sistémicas en las que en algún momento de su evolución la función miocárdica podría verse alterada.

En un estudio sobre hipertensión arterial<sup>23</sup> la ecocardiografía-Doppler fue capaz de descubrir fallo diastólico con FEVI normal en todos los pacientes del estudio, la ecocardiografía con Doppler tisular pudo registrar algún grado de disfunción sistólica exclusivamente en los hipertensos con hipertrofia ventricular, mientras que en esa misma población de hipertensos la ecocardiografía con ST descubrió diferentes grados de alteración en la función sistólica en todos los pacientes, con o sin hipertrofia. Los cambios en la función miocárdica parecen iniciarse muy pronto en la hipertensión arterial, según el estudio de Shin et.al. realizado en una población de adultos jóvenes, hipertensos sin tratamiento y sin hipertrofia ventricular. En ese estudio se encontraron valores menores de strain longitudinal que en la población control y además, en los registros ambulatorios de presión arterial, las cifras más bajas de deformidad miocárdica estuvieron en directa relación con las cifras mayores de presión diastólica diurna.<sup>24</sup> Hallazgos de una precoz alteración en la deformación miocárdica longitudinal en pacientes hipertensos (figura 5) con FEVI normal se han visto asociados a niveles altos de marcadores bioquímicos séricos de fibrosis miocárdica lo cual generaría una pérdida de elementos contráctiles que induciría la disfunción sistólica precoz.<sup>25</sup>



**Figura 5.** Adolescente con hipertensión arterial secundaria a nefropatía. Se observa deformidad longitudinal disminuida en segmentos basales (baja tonalidad de color) con FEVI por ecocardiografía (modo M y 2D) normal.

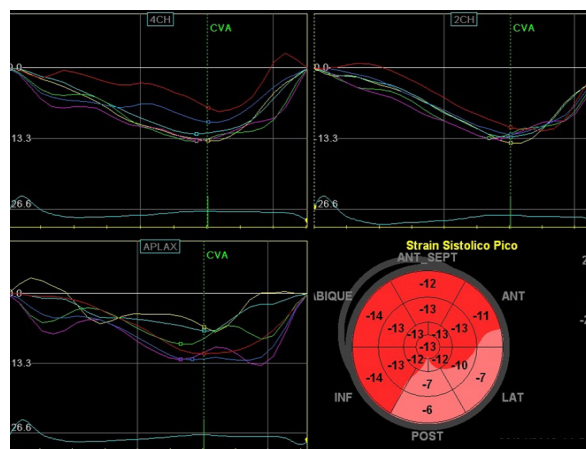
La enfermedad de arterias coronarias es otra patología en la que se publican interesantes conclusiones. En un estudio sobre pacientes con sospecha de síndrome coronario agudo<sup>26</sup> con ECG no-concluyente se realizó ecocardiografía con speckle tracking antes de la coronariografía y se observó que el strain longitudinal se encontró disminuido en aquellos pacientes portadores de lesiones significativas (obstrucción >50 %). En el infarto de miocardio se encontraron disminuidos los valores de strain global y además se notó que los valores de deformación miocárdica se mantuvieron normales en los segmentos no relacionados con la necrosis.<sup>27</sup> En pediatría se han publicado estudios en la enfermedad de Kawasaki<sup>28,29</sup> en los que se encontró la deformación miocárdica longitudinal (figura 6) disminuida con respecto al grupo control y se observó además que esta alteración se hallaba relacionada con los niveles de albúmina sérica y de la masa miocárdica del ventrículo izquierdo aumentados por la trasudación inflamatoria de la miocarditis que ocurre en la fase aguda de esta enfermedad.



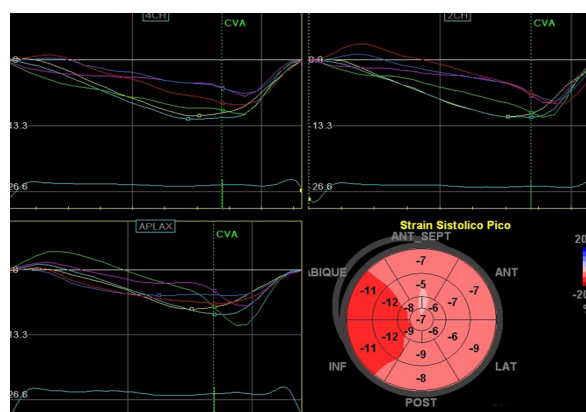
**Figura 6.** Disminución de la deformación miocárdica en segmentos basales de pared anterior y anterosseptal en un paciente con aneurisma de arteria coronaria izquierda por enfermedad de Kawasaki.

En la insuficiencia cardíaca hemos podido evidenciar gráficamente la disminución global y segmentaria de la deformación miocárdica longitudinal en lesiones del músculo cardíaco secundarias a enfermedades como lupus eritematoso sistémico y dermatomiositis (figura 7), tanto como en las lesiones primarias como la miocardiopatía dilatada<sup>30,31</sup> en las que se observa claramente la severidad en la disminución (figura 8) del strain miocárdico en forma global, a diferencia de lo que ocurre en la miocardiopatía hipertrófica (figura 9), en la que además de presentar cifras bajas, el strain longitudinal muestra un patrón de distribución muy heterogéneo (relacionado con las zonas de mayor hipertrofia)

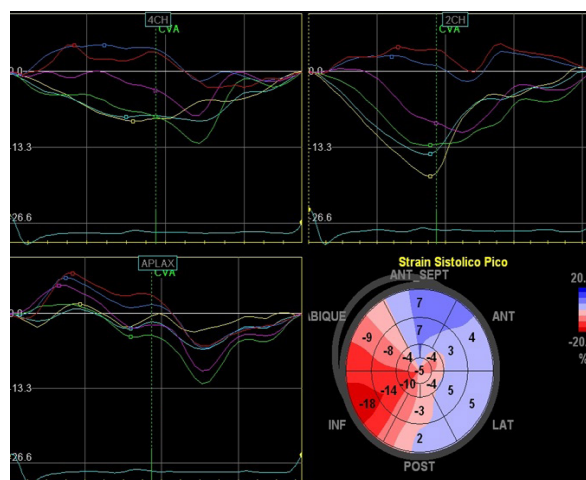
con numerosas contracciones postsistólicas<sup>12,32</sup> debido al desarreglo de las fibras miocárdicas.



**Figura 7.** Deformidad miocárdica alterada en un paciente con insuficiencia cardíaca secundaria a dermatomiositis. Las curvas de deformación son menos profundas (no llegan a -15 %) siendo las paredes posterior y lateral las más afectadas en las que la tonalidad del color es claramente diferente. Fig.8 Marcada disminución de la deformación miocárdica en la miocardiopatía dilatada.



**Figura 8.** Marcada disminución de la deformación miocárdica en la miocardiopatía dilatada.



**Figura 9.** Miocardiopatía hipertrófica anormalidades en la deformación longitudinal se presentan dispersas por el gran desarreglo en las fibras miocárdicas que caracterizan a esta enfermedad.

En las alteraciones valvulares, numerosas publicaciones testifican la utilidad del strain miocárdico en la detección de la función ventricular deteriorada antes que se altere la FEVI, información que para algunos autores podría convertirse en un marcador del tiempo para la corrección quirúrgica de la lesión<sup>33,34</sup> o de la reparación percutánea especialmente en aquellas estenosis severas con bajo flujo y bajo gradiente.<sup>35</sup> Se ha observado una rápida recuperación de los valores de la función miocárdica luego de la resolución de la obstrucción valvular.

El valor de la información proporcionada por el análisis del strain miocárdico global no solamente radica en el hecho de tener una buena correlación con la FEVI<sup>9</sup> sino que además permite, mediante el análisis cuantitativo y cualitativo de los segmentos del ventrículo izquierdo afectados (mapa polar), explicarnos porqué la disfunción miocárdica es detectada por ST antes que la FEVI se<sup>36</sup> haya alterado. El cálculo de la FEVI por ecocardiografía es global y deriva de la suma del acortamiento de todos los segmentos de forma que la alteración funcional de algunos no disminuiría la función global del ventrículo a menos que la cantidad de segmentos comprometidos sea importante. A diferencia del anterior, los métodos como el ST que cuantifican la función miocárdica en forma regional son más sensibles a los cambios parciales en la deformación miocárdica lo que potencia su capacidad para identificar disfunción sistólica en forma precoz.

Otros campos en los que la aplicación de este método resulta muy interesante son el trasplante cardíaco y el tratamiento con antineoplásicos cardiotoxicos. En el trasplante cardíaco, tanto en forma experimental como en humanos<sup>37,38</sup> se ha observado que tempranamente se presenta disfunción miocárdica con valores de strain disminuidos en presencia de una FEVI normal y aunque en principio se haya pensado en este dato como signo inicial de un proceso de rechazo, en el estudio de Pichler et al se pudo apreciar que a los tres años de seguimiento el valor de strain se mantuvo en esas cifras bajas pudiendo concluir que los valores menores iniciales servirían como control propio de estos pacientes.

Se conoce desde hace mucho la cardiotoxicidad de algunos fármacos antineoplásicos que afectan la función contráctil del VI traducida en un FEVI muy deprimida. La ecocardiografía

con ST, según estudios realizados en pacientes bajo quimioterapia con drogas con potencial cardiotoxico,<sup>39,40</sup> pudo detectar alteraciones en la función miocárdica con un strain longitudinal disminuido mucho antes de que la fracción de eyección, acortamiento fraccional u otros índices ecocardiográficos de mala función sistólica sean detectables, además, parece ser que la cardiotoxicidad aumenta si se utilizan en el tratamiento más de un fármaco. La ecocardiografía con ST al permitir la pronta detección de la falla miocárdica en este grupo de pacientes, permitirá una mejor orientación en su tratamiento y el uso oportuno de medicamentos de cardioprotección.

Dentro de las limitaciones del presente estudio debe anotarse el universo estudiado que lo consideramos pequeño y más aún al separarlo por grupos de edad por lo que los resultados aquí exhibidos reflejan exclusivamente lo encontrado en nuestra experiencia hospitalaria, en ningún caso pretenden ser datos referenciales oficiales. Consideramos que nuestra investigación se realizó sobre una población sana, sin embargo no podemos descartar la presencia de alguna patología no-cardíaca, no obstante, conociendo la normalidad del examen físico, el electrocardiograma y el ecocardiograma podemos afirmar con certeza que no tuvo repercusión sobre el aparato cardiovascular.

No debemos olvidar que la certeza de los resultados en esta técnica depende en gran medida de la calidad de las imágenes ecocardiográficas obtenidas ya que con una pobre definición del endocardio la muestra será rechazada o los valores obtenidos se verán alterados, pero como lo dijimos anteriormente, esta limitación con el transcurrir el estudio fue menor conforme nuestra destreza mejoraba. La falta de uniformidad en el procesamiento de los datos (software propio) entre las diferentes marcas de equipos de ultrasonido no permite una exacta comparación entre los resultados obtenidos, y aunque en el strain longitudinal la variación es mínima, otras medidas de deformación como strain radial o el strain rate<sup>41,42,43</sup> podrían llegar a ser significativamente diferentes lo que vuelve necesaria y deseable una homologación y estandarización de conceptos entre las sociedades académicas y las casas vendedoras como aparece en un último documento<sup>44</sup> publicado por un grupo de trabajo en deformación miocárdica.



Esta metodología a pesar de haber tenido rápido desarrollo<sup>45</sup> se encuentra aún en etapas tempranas y su real valor en el ejercicio de la cardiología se irá probando con investigaciones clínicas adecuadamente diseñadas, con poblaciones más numerosas y durante un tiempo mayor que permitan a esta prometedora herramienta de la ecocardiografía ser utilizada en forma rutinaria

### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen la valiosa asistencia del Ing. Gino Domínguez en la gestión estadística.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. P. Yuste, MA García Fernández Función del ventrículo izquierdo p 195 en Atlas de ecocardiografía bidimensional y Doppler Ed Norma SA Madrid 1982.
2. Reisner SA, Lysyanky P, Agmon Y, Mutlak D, Lessik J and Friedman Zvi Global Longitudinal Strain: A novel index of left ventricle systolic function J Am Soc Echocardiogr 2004;17:630-633 doi:10.1016/j.echo.2004.02.011.
3. Hurlburt HM, Aurigemma GP, Hill JC, Narayanan A, Gaash WH, Vinch CS, Meyer TE Tighe DA Direct ultrasound measurement of longitudinal, circumferential and radial strain using 2-dimensional strain imaging in normal adults Echocardiography 2007;24:723-731 DOI: 10.1111/j.1540-8175.2007.00460.x
4. Gilman G, Kandheria BK, Hagen ME, Abraham TP, Seward JB, Belohlavek M Strain rate and strain: A step-by-step approach to image in data acquisition J Am Soc Echocardiogr 2004;17:1011-1020doi:10.1016/j.echo.2004.04.038
5. Heimdal A, Stoylen A, Torp H, Skjarpe Real time strain rate imaging of the left ventricle by ultrasound J Am Soc Echocardiogr 1998;11:1013-1019
6. Urheim S, Edvardsen T, Torp H, Angelsen B, Smiseth OA Myocardial strain by Doppler echocardiography Validation of a new method to quantify regional myocardial function Circulation 2000;102:1158-1164doi: 10.1161/01.CIR.102.10.1158
7. Mondillo S, Galderisi M, Mele D, Cameli M, Schiano Lomoriello V, Zacà V, Ballo P, et al Speckle Tracking Echocardiography A new technique for assesing myocardial function J Ultrasound Med 2011; 30:71-83 <http://www.aium.org>
8. Feigenbaum H, Mastouri R, Sawada S . A practical approach to using strain echocardiography to evaluate the left ventricle Circ J 2012;76:1550-1555<http://www.j-circ.or.jp>
9. Perk G, Tunick PA and Kronzon I Non-Doppler two dimensional strain imaging by echocardiography From technical considerations to clinical applications Am J Soc Echocardiogr 2007;20:234-243 doi:10.1016/j.echo.2006.08.023
10. Bussadori C, Moreo A, Di Donato M, De Chiara B, Negura D, Dall'Aglio E, Lobiati E, Chessa M, Arcidiacono C, Dua JS, Mauri F and Carminati M A new 2D-based method for myocardial velocity strain and strain rate quantification in a normal adult and paediatric population: assessment of reference values Cardiovascular Ultrasound 2009; 7-8.<http://www.cardiovascularultrasound.com./content/7/1/8> doi:10.1186/1476-7120-7-8
11. Pavlopoulos H, Nihoyannopoulos P Strain and strain rate deformation parameters: from tissue Doppler to 2D speckle tracking Int J Cardiovasc Imaging 2008;24:479-491 DOI 10.1007/s10554-007-9286-9
12. Geyer H, Caracciolo G, Wilansky S, Carerj S, Gentile F, Nesser HJ, Khandheria B, Narula J, Sengupta PP Assessment of myocardial mechanics using speckle tracking echocardiography: Fundamentals and clinical applications J Am Soc Echocardiogr 2010;23:351-369 doi:10.1016/j.echo.2010.02.015
13. Weidemann F, Eyskens B, Jamal F, Mertens L, Kowalski M, D'Hooge J, Bijmens B, Gewillig M, Rademakers F, Hatle L, Sutherland GR Quantification of regional left and right ventricular radial and longitudinal function in healthy children using ultrasound-based strain rate and strain imaging J Am Soc Echocardiogr 2002;15:20-28 doi:10.1067/mje.2002.116532
14. Voigt JU, Arnold MF, Karlsson M, Hubbert I, Kukulski T, Hatle L, Sutherland GR Assessment of regional longitudinal myocardial strain rate derived from Doppler myocardial imaging indexes in normal and infarcted myocardium J Am Soc Echocardiogr 2000;13:588-598 doi:10.1067/mje.2000.105631
15. Torrent-Guasp F La estructuración macroscópica del miocardio ventricular Rev Esp Cardiol 1980;33(3):265-287
16. Blessberger H and Binder T Two Dimensional speckle tracking echocardiography: basic principles Heart 2010;96: 716-722 doi:10.1136/hrt.2007.141002
17. Marcus KA, Marvinkurve-Groothuis AMC, Barends M, van Dijk A, Feuth T, de Korte C, et al Reference values for myocardial two-dimensional strain echocardiography in healthy pediatric and young adult cohort J Am Soc Echocardiogr 2011;24:625-636doi:10.1016/j.echo.2011.01.021
18. Forsey J, Friedberg MK and Mertens L Speckle tracking echocardiography in pediatric and congenital heart disease Echocardiography 2013;30:447-459 DOI:10.1111/echo.12131
19. Klitsie LM, Roest AW, van der Hulst AE, Stijnen T, Blom NA and ten Harkel ADJ Assessment of intraventricular time differences in healthy children using two-dimensional speckle tracking echocardiography J Am Soc Echocardiogr 2013;26:629-639doi.org/10.1016/j.echo.2013.03.006
20. Lorch SM, Ludomirsky A and Singh G Maturation and growth-related changes in left ventricular longitudinal strain and strain rate measured by two-dimensional speckle tracking echocardiography in healthy pediatric

- population J Am Soc Echocardiogr 2008;21:1207-1215 doi:10.1016/j.echo.2008.08.011
21. Pauliks L Tissue Doppler myocardial velocity imaging in infants and children A window into developmental changes of myocardial mechanics Echocardiography 2013;30:439-446 DOI: 10.1111/j.1540-8175.2011.01410.x
22. Elkiran O, Karakurt C, Gulendam K, Karadag A Tissue Doppler, strain and strain rate measurements assessed by two-dimensional speckle tracking echocardiography in healthy newborn and infants Cardiol Young 2014;24:201-211doi:10.1017/S1047951112002284
23. Imbalzano E, Zito C, Carerj S, Oretto G, Mandraffino G, Cusmà-Piccione M, Di Bella G, Saitta C, Saitta A Left ventricular function in hypertension: New insight by speckle tracking echocardiography Echocardiography 2011;28:649-657 DOI: 10.1111/j.1540-8175.2011.01410.x
24. Shin SM, Shim WJ, Park SM Early changes in left ventricular function in young adults with never-treated hypertension and no-left ventricular hypertrophy: relationships to ambulatory blood pressure monitoring Clin Exp Hypertens 2014; 36 (7): 517-523 doi:10.3109/10641963.2013.863326
25. Kang SJ, Lim HS, Choi BJ, Choi SY, Hwang GS, Yoon MH, Tahk SJ, Shin JH Longitudinal strain and torsion assessed by two-dimensional speckle tracking correlate with the serum level of tissue inhibitor of matrix metalloproteinase-1, a marker of myocardial fibrosis in patients with hypertension J Am Soc Echocardiogr 2008;21:907-911 doi:10.1016/j.echo.2008.01.015
26. Dahlslett T, Karlsen S, Grenne B, Eek C, Sjøli B, Skulstad H, Smiseth OA, Edvardsen T, Brunvand H Early assessment of strain echocardiography can accurately exclude significant coronary artery stenosis in suspected Non-ST\_Segment elevation Acute Coronary Syndrome J Am Soc Echocardiogr 2014;27:512-519doi.org/10.1016/j.echo.2014.01.019
27. Leitman M, Lysyansky P, Sidenko S, Shir V, Peleg E, Binenbaum M, Kaluski E, Krakover R, Vered Z Two-dimensional strain A novel software for real time quantitative echocardiography assessment of myocardial function J Am Soc Echocardiogr 2004;17:1021-1029doi:10.1016/j.echo.2004.06.019
28. Yu JJ, Choi HS, Kim YB, Son JS, Kim YH, Ko JK, Park IS Analyses of left ventricular myocardial deformation by speckle tracking imaging during the acute phase of Kawasaki disease Pediatr Cardiol 2010;31:807-812 DOI 10.1007/s00246-010-9708-7
29. Xu QQ, Ding YY, Lv HT, Zhou WP, Sun L, Huang J, Yan WH Evaluation of left ventricular systolic strain in children with Kawasaki disease Pediatr Cardiol 2014;35:1191-1197doi: 10.1007/s00246-014-0915-5
30. Cho GY, Marwick TH, Kim HS, Kim MK, Hong KS, Oh DJ Global 2-dimensional strain as a new prognosticator in patients with heart failure J Am Coll Cardiol 2009;54:618-624 doi:10.1016/j.jacc.2009.04.61
31. Mignot A, Donal E, Zaroui A, Reant P, Salem A, Hamon C, Monzy S, Roudaut R, Habib G, Lafitte S Global longitudinal strain as a mayor predictor of cardiac events in patients with depressed left ventricular function: A multicenter study J Am Soc Echocardiogr 2010;23:1019-24doi:10.1016/j.echo.2010.07.019
32. Saccheri MA Miocardiopatis hipertróficas. En: Cianciulli TF, Prezioso HA, Lax JA editores Nuevas técnicas en ecocardiografía Buenos Aires Ediciones Journal2012.p. 197-209
33. Dogan V, Ocal B, Orun UA, Ozgur S, Yilmaz O, Keskin M, Ceyla O, Karademir S, Senocak F Strain and strain rate echocardiography findings in children with asymptomatic congenital aortic stenosis Pediatric Cardiol 2013;34:1152-1158 DOI 10.1007/s00246-012-0619-7
34. Delgado M, Ruiz M, Mesa D, Suarez de Lezo J, Conde C, Pan M, Lopez J, Villanueva E, Cejudo L Early improvement of regional and global ventricle function estimated by two-dimensional speckle tracking echocardiography after percutaneous aortic valve implantation Echocardiography 2013;30:37-44 doi:10.1111/j.1540-8175.2012.01808.x
35. Kamperidis V, Joyce E, Debonnaire P, Katsanos S, van Rosendael PJ, van der Kley F, Sianos G, Bax JJ, Marsan NA, Delgado V Left ventricular functional recovery and remodeling in low-flow low-gradient severe aortic stenosis after transcatheter aortic valve implantation J Am Soc Echocardiogr 2014;27:817-825 doi.org/10.1016/j.echo.2014.04.021
36. Edvardsen T, Helle-Valle T, Smiseth O Systolic dysfunction in heart failure with normal ejection fraction: Speckle tracking echocardiography Prog Cardiovasc Dis 2006;49:207-214 doi:10.1016/j.pcad.2006.08.008
37. Pieper GM, Shah A, Harmann L, Cooley BC, Ionova IA, Migrino RQ Speckle-tracking 2-dimensional strain echocardiography: A new noninvasive imaging tool to evaluate acute rejection in cardiac transplantation J Heart Lung Transplant 2010;29:1039-1046 doi:10.1016/j.healun.2010.04.009
38. Pichler P, Binder T, Hofer P, Bergler-Klein J, Goliasch G, Lajic N, Aliabadi A, Zuckermann A, Syeda B Two dimensional speckle tracking echocardiography in heart transplant patients: three year follow up of deformation parameters and ejection fraction derived from transthoracic echocardiography Eur Heart J Cardiovas Imag 2012;13:181-186doi:10.1093/ejehocardi/jer239
39. Thavendiranathan P, Poulin F, Lim KD, Plana JC, Woo A, Marwick TH Use of myocardial strain imaging by echocardiography for the early detection of cardiotoxicity in patients during and after cancer chemotherapy A systematic review J Am Coll Cardiol 2014;63:2751-2758 doi.org/10.1016/j.jacc.2014.01.073

40. Moon TJ, Miyamoto SD, Younoszai AK, Landeck BF Left ventricular strain and strain rates are decreased in children with normal fractional shortening after exposure to anthracycline chemotherapy *Cardiol Young* 2014;24:854-865 doi:10.1017/S1047951113001182
41. Manóvil A, Dawson D, Smith B and Nihoyannopoulos Assessment of left ventricular function by different speckle-tracking software *Eur J Echocardiogr* 2010;11:417-421 doi:10.1093/ejechocard/jep226
42. Koopman LP, Slorach C, Hui W, Manlhiot C, McCrindle BW, Friedberg MK, Jaeggi ET, Mertens L Comparison between different speckle tracking techniques to measure global and regional myocardial deformation in children *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:919-928 doi:10.1016/j.echo.2010.06.014
43. Costa SP, Beaver TA, Rollor JL, Vanochakarn P, Magnus PC, Palac RT Quantification of the variability associated with repeat measurements of left ventricular two-dimensional global longitudinal strain in a real world setting *J Am Soc Echocardiogr* 2014;27:50-54 doi.org/10.1016/j.echo.2013.08.021
44. Voigt JU, Pedrizzetti G, Lysyansky P, Marwick TH, Houle H, Baumann R, Pedri S, Ito Y, Abe Y, Metz S, Song JH, Hamilton J, Sengupta PP, Kolias TJ, d'Hooge J, Aurigemma GP, Thomas JD, Badano LP Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EAC/ASE/ Industry task force to standardize deformation imaging *Eur J Echocardiogr* 2015;16:1-11 doi:10.1093/ehjci/jeu184
45. Marwick TH Measurement of strain and strain rate by echocardiography Ready for prime time? *J Am Coll Cardiol* 2006; 46 (7) 1313-1327 doi:10.1016/j.jacc.2005.11.063.